

文章编号:1001-4179(2013)17-0052-04

水库变动回水区分汉河道河型转化影响因素分析

赵瑾琮

(长江科学院 河流研究所,湖北 武汉 430010)

摘要:分汉型河道向单一河槽转化是水库变动回水区中一种较为普遍的淤积再造床过程。以三峡水库变动回水区青岩子河段为研究对象,运用平面二维水沙数学模型,分析来沙量、壅水高度等因素对主支汉易位、河型转化的影响。研究表明,来沙量减少并未改变泥沙落淤部位和河床演变趋势,虽然同期淤积数量和范围缩小,但河型转化仍将发生;相同水沙条件下,主支汉易位受壅水高度与河床周界条件的双重制约,水位壅高越多,水流动力轴线的变化越明显,泥沙落淤增多,地形条件改变;河床周界条件的变化又反作用于水流流态,从而进一步加速河床形态的调整。

关键词:河型转化;变动回水区;泥沙淤积;分汉河道

中图法分类号:TV147 文献标志码:A

分汉型河道向单一河槽转化(以下简称河型转化)是变动回水区中一种较为普遍的淤积再造床过程^[1]。例如,丹江口水库汉江变动回水区中 12 个分汉型河道^[2],其中 6 个原有支汉已淤死,3 个分汉段两汉均淤死,即发生了河型转化。三峡水库设计论证阶段对变动回水区泥沙问题进行了大量研究,多个分汉河段的物理模型试验成果均表明蓄水后该河段将发生河型转化^[3]。由于三峡水库变动回水区的泥沙淤积问题对库区航道条件有直接影响^[4],因而对分汉型河道河型转化的研究显得尤为重要。林云发等运用实测资料对丹江口水库分汉型河道河型转化现象进行了分析^[2];舒安平、林木松等运用概化模型试验研究了变动回水区分汉段向单一河道转化的机理^[1,3,5]。对于某一具体河段,其冲淤变化主要受来水来沙条件、下边界控制水位及河段河势的影响。已有成果对上述因素变化致使河型转化进程的影响研究较少。三峡水库已蓄水运用近 30 a,进一步研究不同因素对变动回

水区分汉型河道演变趋势和河型转化的影响,对发挥库区通航效益具有重要意义。

本文选取三峡水库变动回水区青岩子河段作为研究对象。青岩子河段位于宜昌上游 565 km 处,上起黄草峡,下至剪刀峡,全长约 25 km,是长江上游著名的分汉型弯、窄、浅滩段,为川江重要碍航河段之一(图 1)。金川碛位于放宽段中部,将河道分为左右两槽,枯水时仅右槽过水,江面宽为 200~400 m,洪水期放宽至 1 600~1 900 m。左槽河床高程较高,槽内礁石纵横,自然条件下全年均不能通航,右槽为通航河槽。

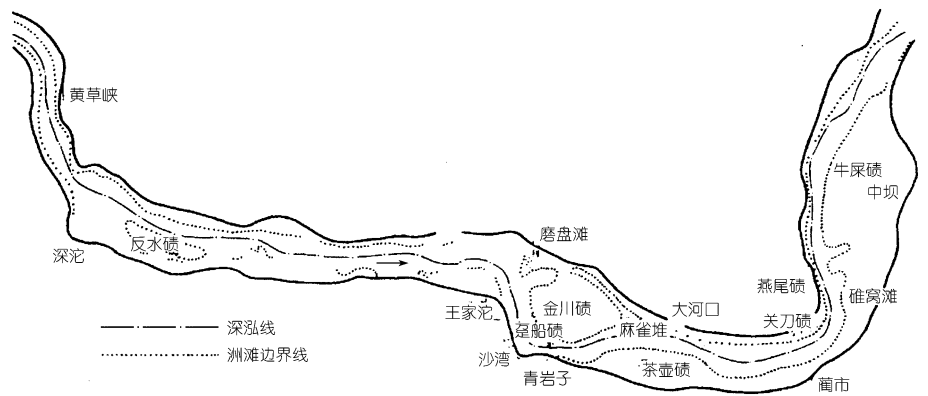


图 1 青岩子河段示意

收稿日期:2013-07-08

基金项目:国家自然科学基金青年基金项目(51209018);国家科技支撑计划课题(2012BAB04B02)

作者简介:赵瑾琮,男,博士,主要从事水沙数值模拟研究工作。E-mail:zjq3588@gmail.com

天然情况下川江的水流挟沙能力有富余,主槽内一般无悬移质泥沙淤积,汛期金沙碛附近的主要淤沙区集中在沙湾、麻雀堆一带,汛后水位降落时淤沙很快被冲刷,年内冲淤基本平衡。三峡建库后,该河段在 175 m 蓄水期位于常年回水区末端,由于壅水影响,该河段泥沙淤积严重。笔者曾应用平面二维水沙数学模型,在利用蓄水后实测资料进行验证的基础上,对采用不同水沙系列时该河段的泥沙淤积和河势变化进行了预测^[6]。本文将在此基础上,进一步研究来沙量、壅水高度等因素对河型转化进程的影响,并对主支汉易位的影响因素进行深入分析,所采用模型及其验证情况同文献^[6],此处不赘述。

1 来沙量减少对河型转化的影响

三峡水库设计论证阶段采用 1961~1970 年实测水沙系列(60 系列)作为泥沙淤积计算的系列,然而三峡水库蓄水后的实测资料表明,年均入库沙量不足 60 系列的 50%,原有研究所依赖的边界条件已经发生变化。为了分析来沙量变化对该河段河型转化的影响,本文在对 60 系列水沙条件下青岩子冲淤变化进行研究(简称方案 1,下同)的基础上,分别将 60 系列入库沙量减少 30%(简称方案 2,下同)和 60%(简称方案 3,下同)作为边界条件以分析来沙变化对河段冲淤演变的影响。

来沙条件的改变必然造成河段淤积强度的差别,表 1 给出了主要浅滩段及整个河段每 10 a 累计淤积量。虽然来沙在不同程度上有所减少,但主要淤积部位仍在沙湾、麻雀堆和燕尾碛 3 个淤沙区,3 区淤沙总量约占河段总淤积量的 60%。无论主要淤沙区还是其他河段,来沙越少,总淤积量均减少越明显。水库运行至第 30 年,方案 2 和方案 3 河段总淤积量较方案 1 分别减少 25.3% 和 56.2%。

表 1 不同来沙条件下青岩子河段淤积量变化 万 m³

项目	第 10 年			第 20 年			第 30 年		
	方案 1	方案 2	方案 3	方案 1	方案 2	方案 3	方案 1	方案 2	方案 3
沙湾	471	365	236	1330	914	605	2112	1638	948
麻雀堆	471	337	195	1055	945	587	1175	1134	957
燕尾碛	571	387	184	1528	1197	693	2260	1903	1236
河段淤积总量	2548	1755	890	6976	5028	2813	11100	8300	4866

由于来沙量的减少并未引起淤积部位的改变,因而 3 个主要淤沙区的淤积发展趋势仍基本一致。图 2 给出了不同方案金川碛河段 150 m 等高线的变化过程。随着水库运行时间的增加,淤积范围逐渐扩大;蔺市弯道凸岸关刀碛边滩淤积抬升,右岸凹岸深槽完整保留,蔺市以下展宽段,左岸燕尾碛深槽淤长成大边

滩;麻雀堆淤沙区向下延伸,并逐渐与茶壶碛边滩相连;沙湾淤沙区淤积范围向金川碛方向发展,右汉逐渐淤满,至后期,金川碛 150 m 等高线逐渐与右岸连成一体大边滩,形成单一、归顺、微弯的新河型。但淤积发展速度随着上游来沙量的减少而减缓,方案 1~方案 3 河型转化完成的时间分别为第 25 年,第 40 年和第 60 年。

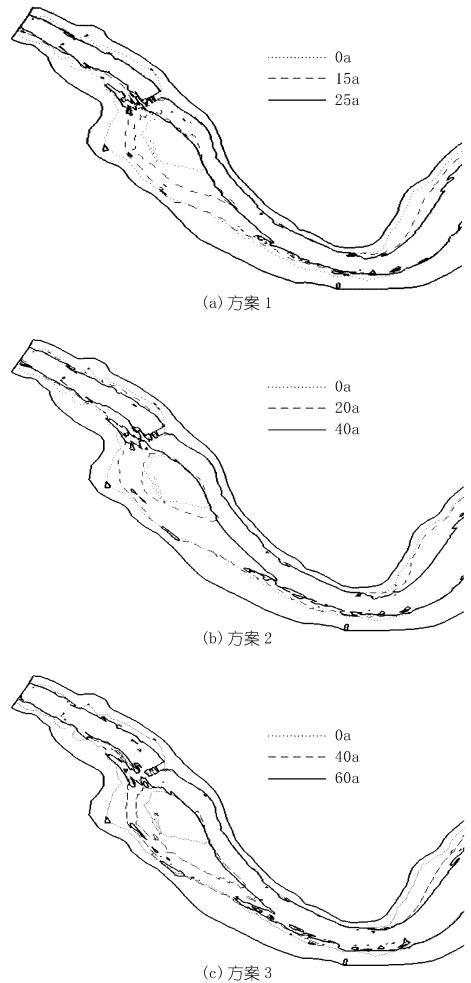


图 2 青岩子河段 150 m 等高线变化

平滩流量(10 000 m³/s)下金川碛汉道分流比的变化也反映了上述过程(图 3)。蓄水初期,右汉分流比在 80% 左右,为主汉。随着泥沙淤积、河势调整,右汉分流比逐渐减小,主支汉易位,直至发生河型转化,右汉完全淤塞。

2 壅水高度对河型转化的影响

水库蓄水后,青岩子河段处于三峡水库常年回水区末端,汛期基本保持天然河道属性,但较建库前水位有所壅高,水流动力轴线随水位增高而逐渐趋直,泥沙大量落淤。汛后由于水库蓄水,变动回水区表现为库区属性,改变了天然情况下汛后走沙的规律,失去了水

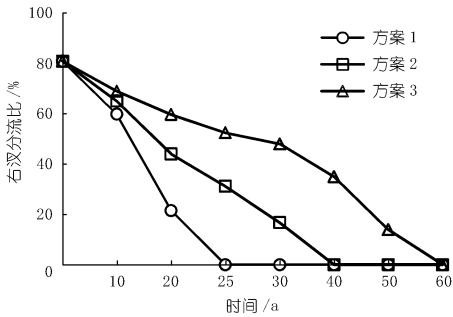


图3 不同水沙条件下金川碛右汉分流比变化

流归槽冲刷的条件,造成泥沙的累积性淤积。

由于三峡水库泥沙淤积与 175 m 蓄水的影响,青岩子河段出口水位逐渐壅高。为了分析相同水沙条件下壅水高度对河型转化的影响,分别选取三峡水库运行第 8 年(方案 4)和第 18 年(方案 5)计算河段出口处水位过程作为下边界条件进行分析计算(入口水沙条件均采用 60 系列)。得到不同方案下边界水位过程如图 4 所示,方案 5 较方案 4 汛期水位平均壅高 3.5 m 左右。

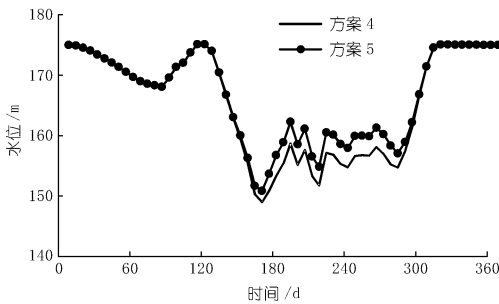


图4 方案 4 和方案 5 下边界水位过程

壅水高度不同将造成淤积强度的差异(见表 2)。汛期壅水高度越高,水流动力轴线越趋于直线,回流区流速越小、范围越大,水流输沙能力降低,泥沙更容易落淤。三峡水库运行至第 10 年,方案 4 河段总淤积量比方案 5 少了约 28%。并且,淤积强度越大,金川碛右汉萎缩的速度越快,完成河型转化所需的时间越短。图 5 显示,水库运行至第 10 年时方案 5 右汉中水流量下已经断流,即第 15 年已基本完成河型转化;而方案 4 完成河型转化的时间则需 25 a 左右。

3 主支汉易位影响因素分析

青岩子河段金川碛两分汉段主、支地位的变化体现了河道冲淤演变趋势。相同水沙条件下,壅水高度和地形冲淤变化应是影响水库蓄水后金川碛河段主支汉分流比变化的主要因素。为了研究上述两因素对主支汉变位的影响,分别计算分析了采用天然地形、不同壅水高度条件(方案 6)以及相同壅水高度、不同地形

表 2 不同壅水高度条件下青岩子河段淤积量变化 万 m^3

项目	第 10 年		第 20 年	
	方案 4	方案 5	方案 4	方案 5
沙湾	1202.3	1653.6	1699	2051.4
麻雀堆	968.2	1098	1071.4	1146.3
燕尾碛	1270.3	1783.6	1582.5	2121.4
全河段	7073.1	9820.9	9619.3	12560.4

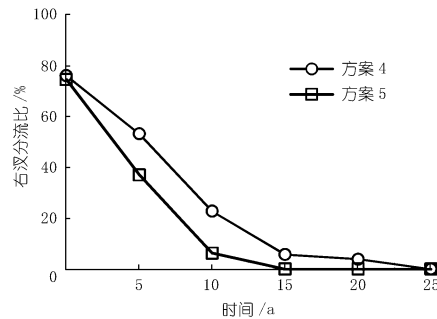


图5 不同壅水高度条件下金川碛右汉分流比变化

条件(方案 7)后汛期 30 000 m^3/s 下金川碛河道分流比的变化情况。其中方案 6 为假定在天然地形条件下 30 000 m^3/s 流量对应出口水位分别抬高 1~8 m,方案 7 中不同地形条件采用方案 1 的计算 10~24 a 的成果。

天然情况下,汛期金川碛左汉入流条件改善,主流趋直,从而造成主要淤沙区泥沙大量落淤,但此时金川碛右汉分流比大于左汉。三峡水库蓄水以后,汛期较建库前水位有所壅高,水流动力轴线继续左摆,左汉过流量进一步增加,但若忽略地形调整的影响,随着汛期水位进一步壅高,左汉分流比增加趋势并不明显,仍小于右汉(如图 6 所示)。

相同壅水高度条件下,汉道过流能力受地形条件的制约。随着水库运行时间的延长,沙湾淤沙区淤积范围向金川碛发展,麻雀堆淤沙区向下延伸并逐渐与茶壶碛边滩相连,从而造成金川碛右汉的萎缩,体现在分流量的变化上就是右汉分流比不断变小,直至发生主支汉易位(图 7)。

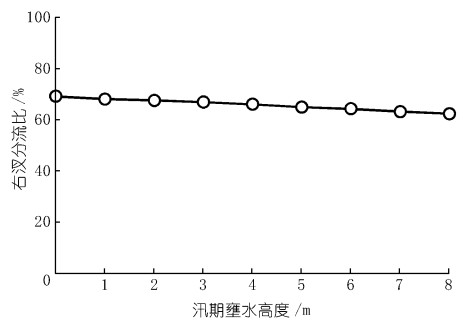


图6 方案 6 金川碛右汉分流比变化

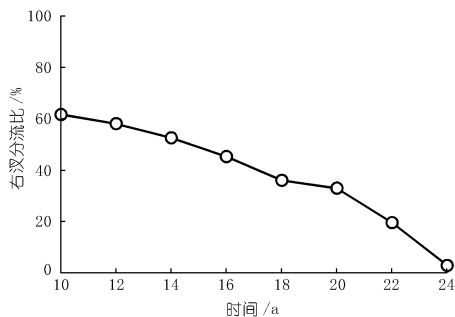


图 7 方案 7 金川碛右汉分流比变化

综上所述,主支汉地位的变化受水位壅高与河床周界条件的双重制约,缺一不可。受壅水的影响,金川碛右汉将发生累积性淤积,造成河床形态的调整,这种变化又反作用于水流流态;随着水库运行时间的增加,金川碛右汉逐渐淤积,右汉过流能力逐渐衰减,左汉分流增加,主支汉易位,汛期水流动力轴线将逐渐过渡至左汉,又使泥沙更容易在右汉落淤,并最终发生河型转化。

4 结论

本文选取三峡水库变动回水区中可能发生河型转化的青岩子河段作为研究对象,研究来沙量、壅水高度和地形变化等因素对河型转化进程的影响,得出以下结论。

(1) 来沙量减少并未改变泥沙落淤部位和河床演变趋势,虽然同期淤积数量和范围缩小,但河型转化仍

将发生。

(2) 壅水高度不同将造成淤积强度的差异。汛期壅水高度越高,水流动力轴线越趋于直线,回流区流速越小,范围越大,水流输沙能力降低,泥沙更容易落淤,浅滩淤积发展速度越快,而河型转化发生的时间也相应提前。

(3) 主支汉地位的变化受到水位壅高与河床周界条件的双重制约,缺一不可。水位壅高引起水流动力轴线的变化,泥沙落淤增多,地形条件改变;河床周界条件的变化又反作用于水流流态,进而进一步加速河床形态的调整。

参考文献:

- [1] 舒安平,黄金堂,丁君松. 水库变动回水区分汉河型转化问题的试验研究[J]. 泥沙研究,1992,(4):54-62.
- [2] 林云发,马继建,马胜虎,等. 丹江口水库变动回水区冲淤特性分析[J]. 长江科学院院报,2007,24(5):8-12.
- [3] 舒安平. 壅水分汉河道河型转化特征及其机理[J]. 水动力学研究与进展,1994,9(1):1-7.
- [4] 谢鉴衡,李义天. 三峡水库变动回水区泥沙淤积对航运的影响[J]. 水利学报,1988,(7):19-26.
- [5] 林木松. 水库变动回水区分汉型河道河型转化研究[J]. 长江科学院院报,1994,11(2):18-26.
- [6] 赵瑾琼,李义天,邓金运. 水沙条件变化对青岩子河段泥沙淤积和河势变化的影响[J]. 水利发电学报,2010,29(3):109-113.

(编辑:胡旭东)

Analysis of influences on river pattern change of braided channel in reservoir fluctuated backwater area

ZHAO Jinqiong

(River Science Department, Changjiang River Scientific Research Institute, Wuhan 430010, China)

Abstract: The transformation of braided channel to single channel is a common process of deposition and river deformation in reservoir backwater area. The influences of incoming sediment, backwater height, etc. on translocation of main and branch channels, river pattern change of Qingyanzi reach, a fluctuated backwater zone of Three Gorges Reservoir, are analyzed by 2D flow and sediment mathematical model. The analysis results show that the reduction of incoming sediment does not change the deposition location and river bed evolution tendency, though the deposition amount and scope reduce in the same period, the river pattern will still change; under the same flow and sediment condition, the change of the main channel and branch channel is influenced by 2 factors of the backwater height and the boundary condition of river bed, the higher the backwater, the more obvious variation of flow axis, and more deposition of sediment can change the landform condition; the variation of boundary condition of river bed conversely influences the flow pattern and accelerates the adjustment of river morphology.

Key words: river pattern change; fluctuated backwater zone; sediment deposition; braided channel